

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :

F16F 15/18, B60K 17/22, H02K 7/10

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/05882

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

12. Februar 1998 (12.02.98)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE97/01628

(22) Internationales Anmeldedatum: 29. Juli 1997 (29.07.97)

(30) Prioritätsdaten:

196 31 384.8

2. August 1996 (02.08.96)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):
ISAD ELECTRONIC SYSTEMS GMBH & CO. KG
[DE/DE]; Niehler Strasse 102-116, D-50733 Köln (DE).
BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGE-
SELLSCHAFT [DE/DE]; D-80788 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PELS, Thomas [DE/DE];
Stammheimerstrasse 57, D-50735 Köln (DE). ZEYEN,
Klaus-Peter [DE/DE]; Von-Werth-Strasse 44, D-50670
Köln (DE). MASBERG, Ulrich [DE/DE]; Nonnenweg
116, D-51503 Rösrath (DE). POUR, Rahim [IR/DE];
Königsbergerstrasse 62, D-85748 Garching (DE). MAU-
RER, Michael [DE/DE]; Josef-Frankl-Strasse 60, D-80995
München (DE). BIRZL, Willibald [DE/DE]; Neuburger
Strasse 85, D-86668 Karlshuld (DE). WALL, Wolfgang
[DE/DE]; Pfarrstrasse 6, D-85604 Zorneding (DE).

(74) Anwälte: VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, Friedrich, R.
usw.; Widennayerstrasse 5, D-80538 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: BR, CA, CN, JP, KR, US, europäisches
Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen
eintreffen.

(54) Title: ELECTRIC MACHINE IN A DRIVING TRAIN, FOR EXAMPLE OF A MOTOR VEHICLE, AND PROCESS FOR DRIVING
THE SAME

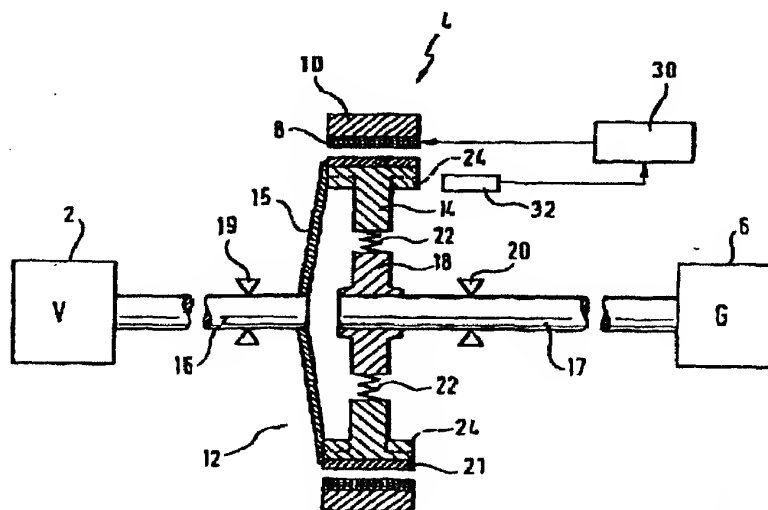
(54) Bezeichnung: ELEKTRISCHE MASCHINE IN EINEM ANTRIEBSSTRANG, Z.B. EINES KRAFTFAHRZEUGES, UND VER-
FAHREN ZU DEREN BETREIBEN

(57) Abstract

An electric machine (4) has a stator (10) and a rotor (12) arranged in the driving train of a driving unit, for example on the crankshaft (16) of an internal combustion engine (2). An insulation against vibrations (22) integrated in the rotor (12) of the electric machine (4) is additionally incorporated into the driving train. The electric machine functions for example as a starter/generator, a generator brake, an auxiliary drive and/or an active vibration damper.

(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine (4) mit einem Stator (10) und einem im Antriebsstrang eines Antriebsagregates angeordneten, z.B. auf einer Kurbelwelle (16) eines Verbrennungsmotors (2) sitzenden, Rotor (12), wobei im Antriebsstrang zusätzlich eine - im Rotor (12) der elektrischen Maschine (4) integrierte - Schwingungsisolierung (22) eingebaut ist. Die elektrische Maschine hat beispielsweise die Funktion eines Starter/Generators, einer generatorischen Fahrzeugbremse, einer Antriebshilfe und/oder eines aktiven Schwingungsdämpfers.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NI	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5

Elektrische Maschine in einem Antriebsstrang, z.B. eines Kraftfahrzeuges, und Verfahren zu deren Betreiben

10

15

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine mit einem Stator und einem in einem Antriebsstrang angeordneten, z.B. auf einer Kurbelwelle eines Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotors oder einer damit gekoppelten Welle sitzenden, Rotor, wobei im Antriebsstrang zusätzlich eine Schwingungsisolierung eingefügt ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen elektrischen Maschine insbesondere in einem Kraftfahrzeug.

20

25

30

Aufgrund der diskontinuierlichen Arbeitsweise treten bei Verbrennungskolbenmotoren eine Vielzahl unterschiedlicher Schwingungserscheinungen auf. Besonders bemerkbar machen sich die durch Drehmomentschwankungen des Verbrennungsmotors verursachten Drehschwingungen im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges. Diese pflanzen sich über die übrigen Fahrzeugkomponenten fort und führen zu einem für die Fahrzeuginsassen störenden Geräusch- und Vibrationspegel. Bedeutsam sind auch die durch Massenkräfte des Verbrennungsmotors hervorgerufenen Linearschwingungen des ganzen Motorblockes, die sich ebenfalls über den Antriebsstrang ausbreiten können.

35

Zur Minderung der genannten Drehschwingungen schlägt die DE 41 00 937 A1 vor, im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges zwischen dessen Verbrennungsmotor und dessen Getriebe einen passiven Drehschwingungsdämpfer anzuordnen, der ein vom Verbrennungsmotor angetriebenes Eingangsteil und ein auf

einer Eingangswelle des Getriebes sitzendes Ausgangsteil aufweist, welches über eine Federung drehelastisch mit dem Eingangsteil verbunden ist. Ferner ist im Antriebsstrang hinter dem genannten passiven Drehschwingungsdämpfer ein aktiver Drehschwingungsdämpfer in Form einer elektrischen Maschine vorgesehen, deren Rotor auf der Eingangswelle des Getriebes sitzt und den am Ausgang des Drehschwingungsdämpfers noch verbleibenden Drehmomentschwankungen entgegenwirkt.

Die bekannte Anordnung ist jedoch in der Praxis häufig wegen des geringen Platzangebots im Antriebsbereich eines Kraftfahrzeuges nicht einsetzbar.

Ferner ist aus der DE 44 06 481 ein Starter/Generator bekannt, dessen Rotor auf einer rotierenden Welle eines Antriebsaggregates, z.B. einer Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors, sitzt und zugleich als passiver Drehschwingungstilger ausgebildet ist. Dabei besteht der Rotor beispielsweise aus einer ringartigen - über eine Gummischicht elastisch angekoppelten - Tilgermasse, die gegenüber der rotierenden Welle im Rahmen der elastischen Ankopplung drehbeweglich ist. Die elastische Kopplung unterbricht im Gegensatz zur Schwingungsisolierung nicht etwa den Drehmomentweg der Welle; die Welle ist vielmehr starr durchgehend. Sie dient nur der Ankopplung der freien Tilgermasse.

Der Tilgereffekt beruht auf einer Verstimmung des Schwingungssystems, indem das Grundsystem mit der Tilgermasse einen zusätzlichen Freiheitsgrad erhält und sich dadurch die Resonanzfrequenzen verschieben. Vollwirksam ist diese Maßnahme jedoch nur, wenn die Erregung des Grundsystems lediglich mit fester Frequenz in Nähe der (unverschobenen) Resonanz erfolgt. Da Verbrennungsmotoren meist mit variabler Drehzahl betrieben werden, sind bei einer praktisch realisierbaren Anzahl von Schwingungstilgern Resonanzen dennoch unvermeidbar.

Die Erfindung zielt darauf ab, ein verbessertes Antriebssystem zur Verfügung zu stellen.

5 Dieses Ziel erreicht die Erfindung durch den Gegenstand gemäß Anspruch 1.

10 Danach umfaßt die erfindungsgemäße elektrische Maschine einen Stator und einen vorzugsweise auf einer Welle in einem Antriebsstrang angeordneten, z.B. auf einer Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors oder einer damit gekoppelten Welle sitzenden, Rotor, wobei im Antriebsstrang zusätzlich eine Schwingungsisolierung eingefügt ist, derart, daß die Schwingungsisolierung im Rotor der elektrischen Maschine integriert ist.

15 Vorzugsweise ist der Rotor der elektrischen Maschine - was seine elektrische und magnetische Funktion angeht - innen hohl, d.h. es findet kein elektrischer und/oder magnetischer Rückfluß über die Rotorachse statt. Der Rotor ähnelt
20 z.B. einem Hohlzylinder. Der Hohlraum im Rotor dient dann der Aufnahme der Schwingungsisolierung.

25 Durch die erfindungsgemäße Bauweise der elektrischen Maschine ergeben sich - insbesondere beim Einsatz in Kraftfahrzeugen - folgende Vorteile: die mit der Schwingungsisolierung kombinierte elektrische Maschine zeichnet sich durch ihre einfache und kompakte Bauweise aus. Durch die Integration der Schwingungsisolierung im Rotor werden nicht nur Gewicht, sondern auch Abmessungen des kombinierten
30 Systems entscheidend verringert, so daß die erfindungsgemäße, mit der Schwingungsisolierung kombinierte elektrische Maschine im Motor- oder Antriebsbereich eines Kraftfahrzeuges auch bei geringem Platzangebot untergebracht werden kann. Anders als bei dem zuvor beschriebenen Schwingungs-
35 dämpfungssystem ist die Schwingungsisolierung nunmehr Teil der im Antriebsstrang des Antriebsaggregates sitzenden elektrischen Maschine selbst. Diese Art der Intergration

impliziert ferner eine andere Platzausnutzung, nämlich in Richtung einer radialen Erstreckung der Schwingungsisolierung. Dies ist dann von Vorteil, wenn durch Erhöhung des Trägheitsmoments die Schwingungseigenschaften des Antriebsstranges variiert werden sollen. Bei gleichen Massen erzielt man bei einer solchen radialen Anordnung ein höheres Trägheitsmoment, was sich insgesamt positiv auf das Fahrzeuggewicht auswirkt.

Die Wirkung der Schwingungsisolierung im Rotor der elektrischen Maschine beruht im wesentlichen darauf, daß z.B. ein oder mehrere elastische Koppellemente zwischen der mit dem Antriebsaggregat verbundenen Antriebsseite des Rotors und der z.B. mit einer zum Getriebe führenden Welle verbundenen Abtriebsseite des Rotors zwischengeschaltet sind, um die Übertragung etwaiger antriebsseitiger Drehmomentschwankungen auf die Abtriebsseite zumindest weitgehend zu verhindern.

Bekanntlich wird durch den Einbau elastischer Koppellemente zwischen Schwingungssystemen die Übertragung der Schwingungsenergie bei Erregerfrequenzen oberhalb einer Resonanzfrequenz der Schwingungssysteme dynamisch verringert. Da bei dieser Art der Schwingungsisolierung die Resonanzfrequenz kleiner als die Erregerfrequenz ist, und eine niedrige Resonanzfrequenz durch geringe Federsteifigkeit und/oder hohes Trägheitsmoment erzielt wird, nennt man diesen Betriebsbereich auch "weiche Abstimmung". Der Schwingungsisolierungseffekt beruht im wesentlichen darauf, daß die Ausgangsseite der Schwingungsisolierung der durch die Erregerquelle erzeugten Schwingungen der Eingangsseite bei weicher Abstimmung derart "hinterherhinkt", daß kein merklicher Energieübertrag stattfindet - und zwar umso weniger, je größer die Erregerfrequenz gegenüber der Resonanzfrequenz ist.

Die im Rotor integrierte Schwingungsisolierung schirmt daher den dahinter liegenden Teil des Antriebsstranges gegenüber Drehschwingungen aus dem antriebsseitigen Teil des Antriebsstrangs ab. Daneben erfolgt je nach Auslegung der Schwingungsisolierung eine Isolierung auch gegenüber Linearschwingungen aus dem Verbrennungsmotor.

Bei einer bevorzugten Variante umfaßt die im Rotor integrierte Schwingungsisolierung zwei Grundelemente, wobei eines der Grundelemente - nachfolgend Primärteil genannt - mit der Antriebsseite des Antriebsstranges, z.B. mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors, und das andere Grundelement - nachfolgend Sekundärteil genannt - mit der Abtriebsseite des Antriebsstranges, z.B. mit einer Eingangswelle des Getriebes, drehfest verbundenen ist; und die beiden Grundelemente drehelastisch miteinander gekoppelt sind. Mit anderen Worten sind die beiden Grundelemente gegeneinander drehschwingungsisoliert.

Selbstverständlich lassen sich die beiden Grundelemente im oben beschriebenen Rotor in beiden möglichen Anordnungen im Antriebsstrang einbauen, nämlich das Primärteil antriebsseitig verbunden mit dem Verbrennungsmotor und das Sekundärteil mit dem Abtrieb, oder umgekehrt. Entsprechend ist die elektrische Maschine direkt oder über die Schwingungsisolierung mit dem Verbrennungsmotor bzw. dem Abtrieb gekoppelt. Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiel des Primär- und Sekundärteils gilt für beide der möglichen Anordnungen.

Auch wenn durch die vorteilhaft bezüglich der elektrischen und magnetischen Funktionen hohle Bauweise des Rotors grundsätzlich eine weitgehende Konstruktionsfreiheit hinsichtlich der Schwingungsisolierung gegeben ist, ist der Rotor bei einer besonders kompakten Variante ringförmig ausgebildet und die Schwingungsisolierung mit ihren beiden Grundelementen hierzu konzentrisch und im Inneren des Ro-

tors angeordnet. Auf diese Weise läßt sich eine kompakte und robuste elastische Kopplung zwischen Primär- und Sekundärteil realisieren, z.B. durch mehrere entlang des Umfangs zwischen den gegeneinander drehbar gelagerten Primär- und Sekundärteilen angeordneten Federelementen, die jeweils mit einem Ende am Primärteil und mit ihrem anderen Ende am Sekundärteil befestigt sind.

Vorteilhaft bildet der Rotor selbst eines der beiden Grundelemente der Schwingungsisolierung, z.B. das Primärteil. In diesem Fall umfaßt die elektrische Maschine im wesentlichen drei Baugruppen, nämlich Stator, Rotor/Primärteil und Sekundärteil der Schwingungsisolierung.

Wie bereits vorstehend erwähnt, ist die dynamische Schwingungsisolierung vor allem wirksam im Bereich weicher Abstimmung, d.h. oberhalb der Resonanzfrequenz des Schwingungssystems, also bei niedriger Resonanzfrequenz. Eine solche weiche Abstimmung wird vorzugsweise dadurch erreicht, daß an dem Primärteil und/oder an dem Sekundärteil zusätzliche Schwungmassen vorgesehen sind. Diese sind ausgewuchtet, insbesondere rotationssymmetrisch, z.B. ringförmig. Durch Variation der Schwungmassen und/oder durch Variation der Steifigkeit der elastischen Kopplung lassen sich die Schwingungseigenschaften des Antriebsstranges in weitem Umfang beeinflussen. Durch das Trägheitsmoment erhöhende Zusatzmassen am Primär- und/oder Sekundärteil und/oder ggf. Wahl einer geringen Federsteifigkeit kann die Resonanzfrequenz des Schwingungssystems i.a. unter den Erregerfrequenzbereich verschoben werden. Selbst wenn die Erregerfrequenz über einen weiten Bereich variiert, wie z.B. um den Drehzahlbereich eines Verbrennungsmotors, werden durch die genannte Maßnahme zumindest Resonanzen im Bereich hoher kritischer Drehzahlen vermieden. Im Fall zweier Schwungmassen nennt man eine derartige Schwingungsisolierung auch "Zwei-Massen-Schwungrad".

Bei einer weiteren vorteilhaften Variante sind die genannten Schwungmassen nach Art eines Schwingungstilgers drehelastisch mit dem jeweiligen Primär- und/oder Sekundärteil gekoppelt. Zusätzlich zu dem Schwingungsisolierungseffekt der elastischen Kopplung zwischen Primär- und Sekundärteil wird hierdurch auf einfache Weise auch ein Tilgereffekt erzielt. Hiermit kann man vorteilhaft die Resonanzfrequenz des Systems weiter in günstige Bereiche, z.B. zu niedrigeren Frequenzen hin, verschieben und ggf. die Schwingungsminderung des Systems erhöhen.

Eine weitere vorteilhafte Maßnahme zur Unterstützung der Schwingungsminderung besteht darin, Reibflächen zwischen drehelastisch gelagerten Teilen des Primär- und Sekundärteils - zumindest abschnittsweise - vorzusehen. Diese Reibflächen wirken dämpfend oder genauer energiedissipierend. Sollte trotz der zuvor genannten Maßnahmen die Resonanzfrequenz des Schwingungssystems im Drehzahlbereich des Verbrennungsmotors liegen, bewirken die Reibflächen zwischen Primär- und Sekundärteil aufgrund der Dämpfung eine Abflachung der störenden Resonanzüberhöhung.

Der Rotor der elektrischen Maschine ist vorteilhaft mit einem der beiden Grundelemente, d.h. entweder dem Primärteil oder dem Sekundärteil, drehfest gekoppelt. Bei dieser Ausgestaltung der elektrischen Maschine übernimmt das mit dem Rotor drehfest gekoppelte und gegebenenfalls einstückige Grundelement der Schwingungsisolierung keine elektrischen oder magnetischen Funktionen des Rotors. Diese beiden Teile sind also hinsichtlich dieser Funktionen funktionell entkoppelt (in mechanischer Hinsicht besteht jedoch eine funktionelle Kopplung aufgrund der Masse des Rotors, die zum Trägheitsmoment des Schwingungssystems beiträgt). Alternativ dazu kann eines der Grundelemente elektrische und/oder magnetische Rotorfunktionen wenigstens teilweise übernehmen, etwa in dem es z.B. Ströme oder magnetischen Fluß leitet. In diesem Fall sind also der Rotor und eines

der Grundelement der Schwingungsisolierung vorteilhaft auch bezüglich der elektrischen und/oder magnetischen Funktionen gekoppelt.

5 Während üblicherweise elektrische Maschinen, die auf einer Welle im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges sitzen, einen zweiseitig gelagerten Rotor aufweisen, ist vorliegend der Rotor der elektrischen Maschine vorteilhaft nur einseitig
10 gelagert und schafft günstigerweise einen Hohlraum für die Integration der Schwingungsisolierung. Das mit dem Rotor nicht drehfest gekoppelte Grundelement der Schwingungsisolierung weist im allgemeinen eine weitere Lagerung auf, die aber aufgrund der zwischengeschalteten elastischen Kopplung keine Lagerung des Rotors an sich (sowie des anderen Grund-
15 elements) darstellt.

Grundsätzlich kommt für die Erfindung jegliche Art elektrischer Maschine - ob Gleichstrom-, Wechselstrom-, Drehstromasynchron, Drehstromsynchron oder Linearmaschine - in
20 betracht, die je nach Verwendungszweck ein geeignetes Drehmoment aufbringen kann. Für die Integration der Schwingungsisolierung besonders günstig ist eine Drehfeldmaschine in Asynchron- oder Synchronbauweise, deren Rotor ein Kurzschlußläufer oder ein Rotor mit ausgeprägten Magnetpolen
25 ist. Der Kurzschlußläufer bei der Asynchronmaschine kann z.B. ein hohler Käfigläufer mit Käfigstäben in Axialrichtung sein. Bei anderen Ausgestaltungen weist der Läufer Wicklungen auf, die über Schleifringe extern kurz schließbar sind. Die ausgeprägten Magnetpole des Rotors bei der
30 Synchronmaschine erreicht man z.B. durch Permanentmagneten oder bevorzugt durch Elektromagneten, die z.B. über Schleifringe mit Erregerstrom gespeist werden.

Besonders vorteilhaft ist die erfindungsgemäße elektrische
35 Maschine als Starter zum Starten des antriebsseitig gekoppelten Verbrennungsmotors einsetzbar. Dabei wird der z.B. mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors entweder starr

oder über die Schwingungsisolierung verbundene Rotor der elektrischen Maschine mit dem zum Starten des Verbrennungsmotors erforderlichen Anlaufmoment beaufschlagt, was ohne dazwischengeschaltetes Hilfsaggregat auf die Kurbelwelle übertragen wird. Auf diese Weise schafft die Erfindung vorteilhaft einen Starter mit integrierter Schwingungsisolierung, der aufgrund der Bauweise als Direktstarter besonders einfach, verschleißfrei, schnell und geräuscharm ist, da er etwaige Zusatzmittel, wie Zusatzkupplungen, Zusatzgetriebe, Freiläufe, etc. nicht benötigt.

Bevorzugt kann die erfindungsgemäße elektrische Maschine auch als Generator zur Versorgung elektrischer Verbraucher des Fahrzeuges und/oder einer oder mehrerer Fahrzeugbatterien dienen. Sitzt die erfindungsgemäße elektrische Maschine mit ihrem Rotor z.B. auf der Kurbelwelle eines Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotors und wird dieser mit dem erforderlichen Anlaufdrehmoment beaufschlagt, kann sie beim Starten als Motor und nach erfolgtem Start des Verbrennungsmotors als Generator betrieben werden. Die Kombination Starter/Generator spart eine der beiden üblicherweise hierfür eingesetzten Aggregate, nämlich Anlasser und Lichtmaschine.

Vorteilhaft ist auch der Einsatz der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine als generatorische Fahrzeugbremse, wobei die erzeugte Energie insbesondere zur Wiederverwendung gespeichert wird. Die Bremsenergie wird dabei ohne Zusatzaggregate, wie herkömmliche Retarder, in elektrische Energie umgewandelt, und zwar weitgehend verschleißfrei aufgrund der elektromagnetischen Kopplung der elektrischen Maschine. Grundsätzlich kann die dabei erzeugte Energie an Verbraucher direkt abgeführt oder anderweitig "verheizt" und/oder auch rekuperativ gespeichert werden.

Bei einer weiteren Variante hat die erfindungsgemäße elektrische Maschine auch die Funktion eines Antriebes des

Fahrzeuges, insbesondere einer Antriebshilfe neben dem Verbrennungsmotor, bevorzugt als Beschleunigungsunterstützung (sog. Boosterfunktion). Der Verbrennungsmotor des Kraftfahrzeuges kann dabei von vornherein schwächer dimensioniert sein, was den Betrieb bei höherem effektiven Mitteldruck und folglich einen niedrigeren Kraftstoffverbrauch ermöglicht.

Vorzugsweise dient die erfindungsgemäße elektrische Maschine auch als aktiver Drehschwingungsdämpfer, der insbesondere gegenphasig zu Drehungleichförmigkeiten im Antriebsstrang Wechseldrehmomente zur Kompensation der Drehungleichförmigkeiten erzeugt. Dabei kann der mit dem Gegenmoment beaufschlagte Rotor an- oder abtriebsseitig mit dem Antriebsstrang verbunden, d.h. der Schwingungsisolierung vor- oder nachgeschaltet, sein. Ist der Rotor beispielsweise abtriebsseitig gekoppelt, wird er mit einem gegenphasigen betragsgleichen Wechseldrehmoment beaufschlagt, um noch vorhandene, die Schwingungsisolierung übertretende Drehschwingungen zu kompensieren.

Hierbei wirkt sich die geringe Baugröße der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine besonders günstig aus, da die elektrische Maschine selbst bei geringstem Platzangebot in unmittelbarer Nähe des Verbrennungsmotors untergebracht werden kann, also am Ort einer der Hauptschwingungs- bzw. -störquellen im Fahrzeug, dort, wo der Schwingungs- bzw. Geräuschbildung bereits in ihrem Ansatz einfach und effektiv entgegengewirkt werden kann.

Bei der Erzeugung eines den Drehungleichförmigkeiten entgegengesetzten Wechselmoments wird die elektrische Maschine periodisch abwechselnd als (beschleunigender) Elektromotor und als (bremsender) Generator betrieben. Die im Generatorbetrieb zurückgewonnene Energie kann vorteilhaft zwischengespeichert werden.

Die Erfindung erreicht das vorgenannte Ziel auch durch den Gegenstand nach Anspruch 16, also durch ein Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine, bei welchem die elektrische Maschine eine oder mehrere der oben genannten Funktionen übernimmt. Für das Verfahren gelten die genannten Vorteile analog.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele. In der Beschreibung wird auf die beigefügte schematische Zeichnung Bezug genommen.

Die einzige Figur zeigt eine schematische Darstellung eines Antriebsstranges eines Kraftfahrzeuges mit einem Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine.

Die nachfolgende Beschreibung geht - lediglich aus Gründen einer einfachen Darstellung - von einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeug-Verbrennungsmotors aus, ohne sich jedoch darauf beschränken zu wollen. Die erfindungsgemäße elektrische Maschine ist genauso gut für andere Antriebssysteme, z.B. Werkzeugmaschinen, geeignet.

Der Drehmomentübertragungsweg des dargestellten Antriebsstranges läuft von einem Verbrennungsmotor 2 über (hier nicht dargestellte) Elemente, wie etwa eine Kupplung, durch eine elektrische Maschine 4 hindurch und über (hier nicht dargestellte) Elemente, wie etwa eine weitere Kupplung, Gelenkwellen, etc., zu einem Getriebe 6. Das Getriebe 6 treibt die Räder des Kraftfahrzeuges auf bekannte Art und Weise an.

Die im Drehmomentübertragungsweg befindliche elektrische Maschine 4 weist einen ortsfesten, z.B. am Motorgehäuse oder an der Fahrzeugkarosserie befestigten, mit Statorspulen 8 bestückten Stator 10 sowie einen drehbeweglichen im

Antriebsstrang angeordneten Rotor 12 auf. Dieser umfaßt ein äußeres ringförmiges Teil 14, welches die elektrischen bzw. magnetischen Funktionen des Rotors sowie die Funktion einer der beiden Grundelemente einer Schwingungsisolierung in einem Stück vereinigt und im folgenden Primärteil genannt wird. Das Primärteil 14 ist über Träger 15, z.B. in Form eines einseitigen Käfigs, mit der Antriebsseite des Antriebsstranges, hier mit einer Kurbelwelle des Verbrennungsmotors 2 ggf. über (nicht dargestellte) Kupplungen und/oder Verbindungswellen, drehfest verbunden. Ferner umfaßt der Rotor 12 ein inneres, zum Primärteil 14 konzentrisches und im wesentlichen scheibenförmigen Sekundärteil 18, das mit der Abtriebsseite des Antriebsstranges, welches zum Getriebe 6 führt, drehfest verbunden ist. Das Sekundärteil 18 geht dabei in eine Nabe über, die fest auf einer zum Getriebe 6 führenden, ggf. mit weiteren Wellen gekoppelten Welle sitzt.

Die Antriebsstrangwellen sind vor und hinter der elektrischen Maschine 4 in Lagern 19, 20 geführt. Dies bedeutet, daß der Rotor 12 aufgrund der nur elastischen Kopplung zwischen Primär- und Sekundärteil lediglich einseitig gelagert ist.

Die elektrische Maschine 4 ist hier eine Asynchronmaschine, deren Statorspulen 8 als Drehstromwicklung ausgebildet sind, die z.B. von einem Pulswechselrichter zur Erzeugung von Drehfeldern mit Strom geeigneter, frei einstellbarer Frequenz, Phase und/oder Amplitude gespeist werden. Der elektrisch bzw. magnetisch wirksame äußere Teil des Primärteils 14 bildet einen Kurzschluß-Käfigläufer mit in Axialrichtung verlaufenden Käfigstäben 21, die an ihren Enden durch je einen längs des Umfangs verlaufenden Leiter elektrisch und mechanisch verbunden sind. Bei Voreilung induzieren die äußeren Drehfelder im Kurzschlußläufer Ströme, wodurch ein Drehmoment auf den Läufer bzw. Rotor 12 ausgeübt wird.

Das Primärteil 14 und das Sekundärteil 18 des Rotors 12 sind um dieselbe Achse drehbar zueinander gelagert und über ein nur schematisch eingezeichnetes Schwingungsisolierungselement 22 drehelastisch miteinander gekoppelt. Das Schwingungsisolierungselement 22 besteht z.B. aus einer oder mehreren Spiral- oder Schraubenfedern. Bei einer bevorzugten Variante umgreift dabei das innere Primärteil 14 das äußere Sekundärteil 18 in radialer Richtung soweit, daß das äußere Primärteil 14 auf bzw. gegenüber dem Sekundärteil 18 drehbar ist. Ferner sind zwischen Primär- und Sekundärteil 14, 18 mehrere Spiralfedern in Umfangsrichtung angeordnet und jeweils mit einem Ende am Primärteil 14 und mit ihrem anderen Ende am Sekundärteil 18 befestigt, so daß das Primär- und das Sekundärteil 14, 18 über die Spiralfedern drehelastisch miteinander gekoppelt sind.

Das Antriebsdrehmoment des Verbrennungsmotors 2 wird über die Kurbelwelle 16 auf das mit der Kurbelwelle 16 - über die Träger 15 - starr verbundene Primärteil 14 und über das Schwingungsisolierungselement 22 auf das Sekundärteil 18 übertragen; und von dort aus über die Welle 20 zum Getriebe 6. Etwaige Drehmomentschwankungen auf der Antriebsseite des Antriebsstranges, die auf die diskontinuierliche Arbeitsweise des Kolbenverbrennungsmotors zurückzuführen sind, werden durch das Schwingungsisolierungselement 22 im Rotor 12 der elektrischen Maschine 4 abgeschwächt, d.h. nicht bzw. nur in geringem Maße auf das Sekundärteil 18 und damit auf die Abtriebsseite des Antriebsstranges übertragen.

Wie bereits einleitend ausgeführt, ist die Schwingungsisolierung um so wirksamer, je mehr die Erregerfrequenz, hier die Frequenz der Drehmomentschwankungen des Verbrennungsmotors 2, über der Eigenfrequenz des Schwingungssystems liegt, d.h. je niedriger die Resonzfrequenz ist. Die zwangsläufig vorhandenen Massen - und folglich Trägheitsmomente - der Antriebsstrangwellen sowie die Massen des Primär- und Sekundärteils definieren zusammen mit der Fe-

dersteifigkeit des Schwingungsisolierungselementes 22 die Resonanzfrequenz des vorliegenden Schwingungssystems. Falls diese nicht tief genug liegt, sind beispielsweise am Primärteil 14 (wie mit gestrichelten Linien angedeutet) und/oder am Sekundärteil 18 (nicht gezeichnet) ringförmige Zusatzmassen 24 vorgesehen, um die Eigenfrequenz des Antriebsstranges unterhalb des Erregerfrequenzbereiches zu verschieben.

Die elektrische Maschine 4 kann in einem Kraftfahrzeug auch die Funktion eines Anlassers zum Starten des Verbrennungsmotors und/oder einer Lichtmaschine zur Energieversorgung des Fahrzeuges übernehmen. Hierfür ist die elektrische Maschine 4 mit einer Steuervorrichtung 30 verbunden, welche die Erregerströme der Statorwicklungen 8 derart beeinflusst, daß bei Betätigen des Anlasserschlüssels die elektrische Maschine 4 als Motor (Anlasser) zum Anlassen des Verbrennungsmotors arbeitet und danach in einen Generatorbetrieb umgeschaltet wird.

Daneben kann die elektrische Maschine 4 auch als generatorische Bremse zur verschleißfreien Fahrzeugbremsung mit Rekuperation der Bremsenergie (sog. Retarderfunktion) sowie als Antriebs- und Beschleunigungsunterstützung des Verbrennungsmotors (sog. Boosterfunktion) dienen.

Daneben kann die elektrische Maschine 4 auch als aktiver Drehschwingungsdämpfer dienen, also zur Kompensation von Drehungleichförmigkeiten im Antriebsstrang, die hauptsächlich auf Gas- und Massenkräfte des Verbrennungsmotors 2 zurückzuführen sind. Hierfür steuert die Steuervorrichtung 30 die Erregerströme der Statorwicklungen 8 derart, daß das auf das Primärteil 14 des Rotors 12 ausgeübte Drehmoment etwaigen Drehmomentschwankungen des Primärteils 14 - und damit der vom Verbrennungsmotor angetriebenen Kurbelwelle und ggf. damit gekoppelter Wellen - z.B. gegenphasig entgegenwirkt. Auf diese Weise werden Drehschwingungen bereits

weitgehend aktiv kompensiert. Sollten dennoch etwaige Restschwingungen am Primärteil 14 verbleiben, werden diese durch das Schwingungsisolierungselement 22 zwischen Primär- und Sekundarteil von der Abtriebsseite abgeschirmt.

5

Wie in der Figur dargestellt, kann die aktive Schwingungsdämpfung geregelt erfolgen, z.B. ist ein Drehzahlsensor 32 an geeigneter Stelle in Nähe des Primärteils 14 angeordnet, um fortlaufend die momentane Drehzahl bzw. Winkelsegmentgeschwindigkeit des Primärteils 14 zu messen. Die vom Drehzahlsensor 32 erfaßten Momentandrehzahlen werden der Steuerung 30 zugeleitet, welche den Momentanwert mit einem vorgegebenen Sollwert vergleicht und darauf ein Regeldifferenzsignal als Maß für eine etwaige momentane oder periodische Drehungleichförmigkeit des Primärteils 14 erzeugt. Auf der Grundlage dieser Regeldifferenz werden die Erregerströme des Stators 10 derart gesteuert, daß das Primärteil 14 mit einem Wechselmoment gegenphasig betragsgleich zur Drehungleichförmigkeit beaufschlagt wird. Alternativ dazu ist auch eine gesteuerte aktive Dämpfung möglich, bei der die erwartete Drehungleichförmigkeit z.B. einem vorab gespeicherten Kennfeld entnommen wird und zur Erzeugung eines gegenphasig betragsgleichen Wechselmoments dient.

10

15

20

25

Selbstverständlich kann die elektrische Maschine 4 zur Schwingungsdämpfung und zur generatorischen Stromerzeugung gleichzeitig genutzt werden.

5

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrische Maschine

10

- mit einem Stator (10) und ein in einem Antriebsstrang angeordneten, z.B. auf einer Kurbelwelle (16) eines Verbrennungsmotors (2) oder einer damit gekoppelten Welle sitzenden, Rotor (12),

15

- wobei im Antriebsstrang zusätzlich eine Schwingungsisolierung eingefügt ist,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die Schwingungsisolierung im Rotor (12) der elektrischen Maschine (4) integriert ist.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsisolierung mindestens zwei Grundelemente aufweist, wobei

20

- eines der Grundelemente (14) mit einer Antriebsseite und das andere Grundelement (18) mit einer Abtriebsseite des Antriebsstranges verbundenen ist; und

25

- die beiden Grundelemente (14, 18) drehelastisch, insbesondere über eine oder mehrere Schrauben- oder Spiralfedern (22), miteinander gekoppelt sind.

30

3. Elektrische Maschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (12) ringförmig ausgebildet und die Schwingungsisolierung hierzu konzentrisch und innerhalb des Rotors (12) angeordnet ist.

35

4. Elektrische Maschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß an einem oder jedem der Grundele-

mente (14, 18) jeweils eine oder mehrere Schwungmassen (24) vorgesehen sind.

- 5 5. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwungmassen (24) drehelastisch, insbesondere über eine Elastomerschicht, mit dem jeweiligen Grundelement (14, 18) gekoppelt sind.
- 10 6. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß Reibflächen zwischen drehelastisch gelagerten Teilen der Grundelemente (14, 18), zumindest abschnittsweise, vorgesehen sind.
- 15 7. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Grundelemente (14; 18) mit dem Rotor (12) drehtfest gekoppelt ist.
- 20 8. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Grundelemente (14; 18) elektrische und/oder magnetische Rotorfunktionen wenigstens teilweise übernimmt.
- 25 9. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rotor (12) einseitig gelagert ist.
- 30 10. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Maschine (4) eine Drehfeldmaschine in Asynchron- oder Synchronbauweise ist, und der Rotor (12) ein Kurzschlußschläufer oder eine Rotor mit ausgeprägten Magnetpolen ist.
- 35 11. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche als Starter zum Starten, insbesondere Direktstarten, eines Verbrennungsmotors dient.

12. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche auch als Generator zur Versorgung elektrischer Verbraucher und/oder mindestens einer Fahrzeugbatterie dient.
- 5
13. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche auch als generatorische Fahrzeugbremse dient, wobei die erzeugte Energie insbesondere zur Wiederverwendung gespeichert wird.
- 10
14. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche auch als Antrieb eines Fahrzeuges, insbesondere als Antriebshilfe, bevorzugt als Beschleunigungsunterstützung, des Fahrzeuges neben dem
- 15
- Verbrennungsmotor, dient.
15. Elektrische Maschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, welche auch als aktiver Drehschwingungsdämpfer dient, der insbesondere gegenphasig zu Drehungleichförmigkeiten im Antriebsstrang Wechseldrehmomente zur Kompensation der Drehungleichförmigkeiten erzeugt.
- 20
16. Verfahren zum Betreiben einer elektrischen Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei welchem die elektrische Maschine eine oder mehrere der in den Ansprüchen 11 bis 15 angegebenen Funktionen ausführt.
- 25

